

# 糯东矿无烟煤分选工艺的选择

吉英华 张振红

(河南能源化工集团永煤公司 河南 永城 476600)

**摘要:** 为提高无烟煤分选效果,分析了糯东矿煤质特性、粒度组成和可选性,确定原煤属低中灰~中灰、中高硫~高硫、低磷、特低抗破碎强度无烟煤,煤中硫以无机硫化铁硫形式为主;煤中细粒级含量较高,需加强细粒煤分选,粗煤泥可单独分选,产品易脱水;原煤可选性为中等可选。结合原煤性质,确定糯东选煤厂产品定位为:17煤分选中、小块煤用于化工用煤,末精煤用于高炉喷吹用煤;20煤分选中、小块煤用于化工用煤,混煤用于动力用煤。通过对比分析常用选煤方法及工艺的特点,确定糯东选煤厂无烟煤分选方案为:选前+100(80)mm检查性手选、-100(80)mm混合跳汰入选、粗煤泥干扰床分选机(TBS)分选、细煤泥浮选、尾煤浓缩压滤的联合工艺流程。

**关键词:** 无烟煤;跳汰分选;TBS;浮选;降灰;脱硫

中图分类号:TD94 文献标志码:A 文章编号:1006-6772(2014)05-0015-05

## Select on anthracite washing and processing technology in Nuodong mine

Ji Yinghua, ZHANG Zhenhong

(Yongcheng Coal Company, Henan Energy and Chemical Industry Group, Yongcheng 476600, China)

**Abstract:** To improve the separation effects of anthracite, taking Nuodong mine as research object, analyze the coal quality characteristics, size composition, washability and floatability. The results show that the raw coal is low and low-medium ash, high-medium and high sulfur, low phosphorus, extra-low anti-breaking strength anthracite, the sulfur in coal is in the form of inorganic iron sulfide. Higher fine coal determines that its separation needs to be strengthened, the coarse slime can be individually sorted, the products are easy to dehydrate, the coal washability is medium optional. Combined with the properties of raw coal, determine the product positioning of Nuodong coal preparation plant is that, the seventeenth separation lump coal is used in coal chemical industry, clean coal is used in blast furnace blowing. The twentieth coal separation lump coal is used in coal chemical industry, clean coal is used in pulverized coal injection into blast furnace. Through analyzing the features of the common preparation methods and process, determine the anthracite sorting scheme in Nuodong coal preparation plant. Before separation, treat the +100(80)mm size with hand picking method, separate the -100(80)mm size with jigging, coarse slime with teetered bed separator, select the fine slime with flotation, concentrate the tailings by filter pressing.

**Key words:** anthracite; jigging; teetered bed separator; flotation; ash reduction; desulfurization

## 0 引言

贵州兴安煤业有限公司糯东矿位于贵州省普安县南部,井田煤种单一,为3号无烟煤,煤炭发热量高、可磨性好、灰熔融性好,但硫分较高,直接燃烧对周围环境影响较大,而煤炭分选加工是脱除黄铁矿

硫最经济、有效的技术途径之一。糯东井田原煤中的硫主要以无机硫(硫化铁)的形式存在,通过分选加工可脱除大部分硫,在满足兴义电厂用电需求后,可生产一定量的化工用煤,提高产品市场竞争力。糯东煤矿17煤层为全区可采煤层,19、20、26煤层为大部可采煤层。糯东选煤厂建成后,主要入选17

收稿日期:2014-02-20;责任编辑:白娅娜 DOI:10.13226/j.issn.1006-6772.2014.04.005

作者简介:吉英华(1985—),男,甘肃民乐人,助理工程师,从事选煤厂技术管理工作。E-mail:1985jyh@163.com

引用格式:吉英华,张振红.糯东矿无烟煤分选工艺的选择[J].洁净煤技术,2014,20(4):15-19.

Ji Yinghua, ZHANG Zhenhong. Select on anthracite washing and processing technology in Nuodong mine[J]. Clean Coal Technology, 2014, 20(4): 15-19.

煤和20煤。由于矿井各层煤质特征(主要为硫分)存在一定差别,主采煤层17煤与20煤采用分时段开采(开采17煤时,20煤不开采;开采20煤时,17煤不开采,17煤和20煤的开采比例为1:1),选煤厂设计需对两层煤分别进行煤质特性分析,选择经济、高效、适应性强的工艺方案。

## 1 煤质特性

### 1.1 物理性质

矿区煤颜色呈黑色、灰黑色,褐黑色条痕。17、19煤似金属光泽;20、26煤为玻璃光泽,断口以贝壳状断口为主,见少量参差状断口。17煤呈层粉状,碎粒状,少量块状;19、20煤为块状,部分碎粒状。区内煤层中常含透镜状、结构状、脉状和浸染状黄铁矿,裂隙中常见方解石薄膜充填。

### 1.2 化学性质及工艺性能

井田煤种单一,可采煤层均为3号无烟煤,具有低水分(1.19%~1.53%)、低中灰~中灰(19.41%~23.01%)、中高硫~高硫(2.61%~5.34%)<sup>[1]</sup>、低磷(0.012%~0.025%)、特低挥发分(8.86%~9.50%)、高热值(26.58~28.24 MJ/kg)、特低抗破碎强度(17煤为21.25%)、高热稳定性( $TS_{+6}$ 为60.4%~77.3%)、极易磨~易磨(哈氏可磨性指数HGL为80~113)等特点,是良好的动力用煤和化工用煤,可广泛用于居民燃烧、火力发电、合成氨、气化等领域。

### 1.3 硫的形态

矿区原煤全硫为3.72%,硫化铁硫为3.19%,硫酸盐硫为0.03%,有机硫为0.50%。各煤层中浮煤全硫与原煤全硫质量比为0.30~0.42,表明原煤中的硫主要是以无机硫化铁硫形式存在,有机硫含量很少,占总硫分的13.44%,因此通过分选可脱除煤中大部分硫。

## 2 原煤粒度组成和可选性分析

### 2.1 筛分试验

17煤和20煤100~0、-0.5 mm筛分试验结果见表1、表2。由表1可知,随着粒度的减小,产率逐渐上升,100~50 mm产率分别为3.21%和3.74%,3.0~0.5 mm产率达到29.74%和30.45%, $-8$  mm产率均大于60%,说明煤质松软、易碎<sup>[2]</sup>。20煤+3 mm随粒度的减小灰分略微下降、硫分变化不大, $-3$  mm随粒度的减小灰分和硫分呈下降趋势;17煤

+3 mm灰分变化不大, $-3$  mm随粒度的减小灰分呈下降趋势,由于缺少数据不能反映硫分变化,考虑到同一矿区各层煤硫的赋存状态相近,且两煤层灰分变化雷同,可认为17煤硫分变化与20煤相似。各煤层聚集于细粒级,需加强细粒煤的分选。

表1 100~0 mm筛分试验结果 %

粒级/ mm	17煤			20煤		
	产率	灰分	硫分	产率	灰分	硫分
100~50	3.21	19.55		3.74	35.52	5.48
50~25	7.46	20.32		8.45	30.54	5.68
25~13	9.27	21.89		11.04	29.97	5.90
13~8	6.40	21.76		16.47	31.09	6.17
8~3	19.20	21.92		13.81	28.54	5.77
3.0~0.5	29.74	18.80		30.45	25.32	4.54
-0.5	24.72	17.43		16.04	24.61	3.62
合计	100.00	19.67	2.15	100.00	27.94	5.12

表2 -0.5 mm筛分试验结果 %

粒级/ mm	17煤			20煤		
	产率	灰分	硫分	产率	灰分	硫分
0.500~0.250	44.25	18.12	1.45	31.57	28.39	3.41
0.250~0.125	28.53	17.44	2.29	23.12	27.45	5.36
0.125~0.074	14.98	17.95	1.72	19.66	27.56	4.04
0.074~0.045	10.53	18.94	0.97	14.90	28.33	2.27
-0.045	1.71	22.71	2.16	10.75	30.59	5.07
合计	100.00	18.07	1.69	100.00	28.24	3.99

由表2可知,煤中除-0.045 mm外,各煤层随粒度的减小产率明显降低,灰分相近,硫分有下降趋势。主导粒度为粗粒级,粗煤泥可考虑单独分选,产品易脱水。

### 2.2 浮沉试验

两煤层浮沉试验结果见表3—表6。由表3—表6可知,17煤+0.5 mm粒级中-1.60 g/cm<sup>3</sup>密度级产率为68.61%,灰分仅有9.87%,硫分为1.06%;-0.5 mm粒级中-1.60 g/cm<sup>3</sup>密度级产率高达84.74%,灰分仅有9.33%。20煤+0.5 mm粒级中-1.60 g/cm<sup>3</sup>密度级产率为58.66%,灰分仅有9.38%,硫分为2.48%;-0.5 mm粒级中-1.60 g/cm<sup>3</sup>密度级产率为54.16%,灰分仅有9.25%。说明原煤有生产优质精煤的可能。17煤和20煤中间密度级(1.60 g/cm<sup>3</sup>左右)产率均较低,说明原煤分选密度 $\delta$ 在中间密度级时,可选性较好。

分别对 17 煤和 20 煤进行 30 mm 分级,对筛上物和筛下物进行浮沉试验。17 煤和 20 煤 + 30 mm 原煤分选出符合质量要求的块精煤时,分选密度需分别控制在 1.60 和 1.64 g/cm<sup>3</sup>以下; -30 mm 原煤分选出符合质量要求的末精煤时,分选密度需分别

达到 1.58 和 1.70 g/cm<sup>3</sup>以下。因此采用混合分选时为同时满足块精煤和末精煤的质量要求,分选密度需分别控制在 1.58 g/cm<sup>3</sup>和 1.64 g/cm<sup>3</sup>以下。在分选密度相同的条件下,17 煤和 20 煤各粒级可选性、浮煤硫分、基元灰分相差不大。

表 3 17 煤 100 ~ 0.5 mm 浮沉试验结果

%

密度级/ (g · cm <sup>-3</sup> )	产率	灰分	硫分	浮物累积			沉物累积		
				产率	灰分	硫分	产率	灰分	硫分
1.30 ~ 1.40	12.02	3.73	0.64	12.02	3.73	0.64	100.00	20.40	6.80
1.40 ~ 1.50	47.53	9.94	0.92	59.55	8.69	0.86	87.98	22.67	7.64
1.50 ~ 1.60	9.06	17.66	2.38	68.61	9.87	1.06	40.45	37.64	15.54
1.60 ~ 1.80	4.60	24.51	7.49	73.21	10.79	1.47	31.39	43.40	19.34
1.80 ~ 2.00	7.84	36.70	12.24	81.05	13.30	2.51	26.79	46.65	21.38
+ 2.00	18.94	50.76	25.16	100.00	20.40	6.80	18.95	50.76	25.16
合计	100.00	20.40	6.80						
煤泥	1.45	21.30							
总计	100.00	20.41							

表 4 20 煤 100 ~ 0.5 mm 浮沉试验结果

%

密度级/ (g · cm <sup>-3</sup> )	产率	灰分	硫分	浮物累积			沉物累积		
				产率	灰分	硫分	产率	灰分	硫分
1.30 ~ 1.40	9.08	4.60	1.43	9.08	4.60	1.43	100.00	27.83	6.44
1.40 ~ 1.50	37.76	8.09	2.01	46.84	7.41	1.90	90.92	30.15	6.94
1.50 ~ 1.60	11.82	17.15	4.81	58.66	9.38	2.48	53.16	45.82	10.44
1.60 ~ 1.80	5.17	25.16	6.09	63.83	10.65	2.78	41.34	54.02	12.05
1.80 ~ 2.00	3.29	32.74	7.07	67.12	11.74	2.99	36.17	58.15	12.90
+ 2.00	32.88	60.69	13.48	100.00	27.83	6.44	32.88	60.69	13.48
合计	100.00	27.83	6.44						
煤泥	5.43	41.49							
总计	100.00	28.57							

表 5 17 煤 - 0.5 mm 浮沉试验结果

%

密度级/ (g · cm <sup>-3</sup> )	产率	灰分	浮物累积		沉物累积	
			产率	灰分	产率	灰分
1.30 ~ 1.40	34.70	4.67	34.70	4.67	100.00	18.12
1.40 ~ 1.50	41.01	9.29	75.71	7.17	65.30	25.27
1.50 ~ 1.60	9.03	27.38	84.74	9.33	24.29	52.24
1.60 ~ 1.80	1.45	42.69	86.19	9.89	15.26	66.95
+ 1.80	13.81	69.50	100.00	18.12	13.81	69.50
合计	100.00	18.12				

根据表 3—表 6,绘制可选性曲线,依据 GB/T 16417—2011《煤炭可选性评定方法》对原煤进行可选性评价(表 7)。由表 7 可知:随精煤灰分和分选密度的增加,两煤层不同粒级可选性均由难变易。同一分选密度下,两煤层 - 0.5 mm 分选所得精煤灰

分比 + 0.5 mm 低,要获得相同质量精煤, - 0.5 mm 分选密度更高。

表 6 20 煤 - 0.5 mm 浮沉试验结果

%

密度级/ (g · cm <sup>-3</sup> )	产率	灰分	浮物累积		沉物累积	
			产率	灰分	产率	灰分
1.30 ~ 1.40	8.17	5.25	8.17	5.25	100.00	28.38
1.40 ~ 1.50	33.46	7.32	41.63	6.91	91.83	30.44
1.50 ~ 1.60	12.53	17.01	54.16	9.25	58.37	43.7
1.60 ~ 1.80	12.28	25.17	66.44	12.19	45.84	50.99
+ 1.80	33.56	60.44	100.00	28.38	33.56	60.44
合计	100.00	28.38				

同一分选密度下,17 煤 - 0.5 mm 的可选性优于 + 0.5 mm 20 煤 - 0.5 mm 的可选性与 + 0.5 mm

基本相同,17煤优于20煤,选择分选工艺时应首先满足20煤煤质特性。结合可选性曲线,生产符合质量要求的块(末)精煤时,依据最高产率原则,两煤层100~0.5 mm粒级在分选密度范围内(17煤 $\delta$ 为

1.58 g/cm<sup>3</sup>,20煤 $\delta$ 为1.64 g/cm<sup>3</sup>)可选性均为中等可选;两煤层-0.5 mm粒级中,17煤 $\delta$ 可达1.75 g/cm<sup>3</sup>,可选性为易选;20煤分选密度为1.65~1.75 g/cm<sup>3</sup>,基本属于中等可选<sup>[1]</sup>。

表7 原煤可选性分析

粒级/mm	17煤					20煤				
	灰分/%	产率/%	$\delta/(g \cdot cm^{-3})$	$\delta \pm 0.1$ 含量/%	可选性	灰分/%	产率/%	$\delta/(g \cdot cm^{-3})$	$\delta \pm 0.1$ 含量/%	可选性
100~0.5	9.37	65.26	1.55	32.29	难选	8.45	53.98	1.55	38.40	难选
	9.95	69.13	1.60	18.73	中等可选	9.33	58.51	1.60	24.16	较难选
	10.46	71.72	1.65	12.32	中等可选	10.07	61.65	1.65	16.63	中等可选
	10.90	73.57	1.70	8.77	易选	10.71	63.96	1.70	12.17	中等可选
-0.5	9.13	84.29	1.60	11.66	中等可选	8.83	54.74	1.60	27.74	较难选
	9.52	85.32	1.65	4.77	易选	9.89	58.81	1.65	21.18	较难选
	9.78	85.93	1.70	2.66	易选	10.94	61.93	1.70	16.28	中等可选
	9.96	86.32	1.75	6.18	易选	11.92	64.40	1.75	12.92	中等可选
	10.09	86.61	1.80	4.35	易选					

### 3 产品结构的确定

根据各煤层的化学性质和工艺性能,确定3号无烟煤是良好的动力用煤和化工用煤。依据煤的物理特性、化学特性、工艺性能和硫的形态分析,可采用合适的降灰脱硫工艺,选出块精煤和末精煤。根据贵州省第三批电源总规划和当地交通运输条件,结合糯东矿产品煤质及公司发展规划,糯东选煤厂煤炭产品市场定位为:17煤分选中、小块煤(灰分 $\leq 10.00\%$ ,硫分 $\leq 1.00\%$ )用于化工用煤,末精煤(灰分 $\leq 10.00\%$ ,硫分 $\leq 1.00\%$ )用于高炉喷吹用煤;20煤分选中块煤(灰分 $\leq 10.50\%$ ,硫分 $\leq 2.80\%$ )和小块煤(灰分 $\leq 11.00\%$ ,硫分 $\leq 2.80\%$ )用于化工用煤,混煤(灰分 $\leq 20.00\%$ ,硫分 $\leq 3.50\%$ )用于动力用煤<sup>[3]</sup>。

### 4 选煤方法及工艺流程的确定

#### 4.1 分选粒度的确定

糯东矿为3号无烟煤,含矸率低,块煤产品主供化工用煤,粒度越大价格越高,选择工艺时要注重块煤产率。影响产品销售的主要因素是硫分,煤中硫主要以无机硫化铁硫形式存在,有机硫含量很少,对产率较低的+100(80)mm可通过检查性手选直接销售或破碎后混合入选,分选上限可确定为100(80)mm。煤泥中细粒含量较低,但灰分和硫分较高,其中17煤和20煤硫分分别为1.69%和

3.99%。17煤生产高炉喷吹用煤时,从经济角度考虑,煤泥需分选;20煤生产动力用煤时,煤泥灰分和硫分均高出产品定位指标,影响销售市场,也需要分选,因此入选下限应为0<sup>[4-5]</sup>。

原煤煤质较脆,矸石不易碎但易泥化,在分选密度相同的条件下,17煤和20煤各粒级可选性、浮煤硫分、基元灰分相差不大,均能选出满足产品质量要求的精煤。两煤层分级入选与不分级入选效果对比见表8。由表8可知,两煤层分级入选与不分级入选的分选密度相差不大,精煤产率也比较接近,分级入选较不分级入选的优势并不明显。采用分级入选时工艺流程复杂、工艺布置繁琐、管理难度较大、运行成本较高,结合其他动力煤选煤厂不分级入选的成功经验,可考虑对-100(80)mm采用投资更少的不分级入选方式。

#### 4.2 选煤方法的确定

干法风力选煤多布置于室外,粉尘污染严重,噪音大,分选精度低,对入选原煤水分要求较高(小于8.0%),适于高寒干燥地区或对劣质煤的简单分选,现场普及率低<sup>[6]</sup>,故不作考虑。在理论分选密度范围内原煤可选性为中等可选,采用重介质分选和跳汰分选均可取得较好效果。重介质分选的分选精度和精煤产率优于跳汰分选,但跳汰分选在投资、运行成本、综合经济效益、工艺复杂性、管理难度以及确保块煤产率方面优于重介质分选<sup>[7-8]</sup>。采用重介质分选时,循环介质密度大于1.80 g/cm<sup>3</sup>时,高密

度悬浮液难以配制。由于糯东选煤厂分选出符合要求的产品时,原煤理论分选密度高(17煤和20煤理论分选密度不高于 $1.58$ 和 $1.64\text{ g/cm}^3$ ),采用三产品重介质旋流器分选会出现中煤段分选密度更高,

产品控制难度大,而三产品跳汰分选能同时保证精煤和中煤质量。考虑到跳汰选煤工艺比较成熟,在动力煤选煤厂应用广泛,且投资少、能耗低、效益佳,糯东选煤厂最终采用三产品跳汰分选工艺。

表8 两煤层分级入选与不分级入选效果对比

项目	17煤				20煤			
	分级入选		不分级入选		分级入选		不分级入选	
粒级/mm	+30	-30	+30	-30	+30	-30	+30	-30
$\delta/(g \cdot cm^{-3})$	1.60	1.58	1.58	1.58	1.64	1.70	1.64	1.64
精煤灰分/%	9.78	9.26	9.35	9.26	10.47	19.91	10.47	19.08
精煤硫分/%	0.96	0.98	0.93	0.98	2.67	3.45	2.67	3.25
要求灰分/%	10.00	10.00	10.00	10.00	10.50	20.00	10.50	20.00
要求硫分/%	1.00	1.00	1.00	1.00	2.80	3.50	2.80	3.50
精煤产率/%	5.91	58.96	5.70	58.96	5.93	63.51	5.93	61.04

### 4.3 粗煤泥分选

实践证明,跳汰分选对煤泥的分选效果差,浮选投资和运行成本高,生产中应降低入浮煤泥上限。由于糯东矿煤泥主导粒级为 $0.50 \sim 0.25\text{ mm}$ ,应单独分选粗煤泥<sup>[9-10]</sup>。粗煤泥理论分选密度为 $1.65 \sim 1.75\text{ g/cm}^3$ ,属易选~中等可选,适于采用煤泥重介质旋流器、螺旋分选机和干扰床分选机(TBS)3种粗煤泥分选方法。煤泥重介质旋流器理论分选精度高,但系统复杂,需单独设立一套重介质系统,运行成本高,管理难度大,煤泥加重质的粒度和分选密度的控制等都会影响分选效果,应用状况不理想;螺旋分选机无运动部件,基本无维修工作量,有效分选密度在 $1.65\text{ g/cm}^3$ 以上,分选密度低于 $1.65\text{ g/cm}^3$ 时很难操作,在糯东矿煤质发生波动时难以控制,且机械误差较高,处理量低<sup>[7]</sup>;TBS分选密度( $1.40 \sim 1.90\text{ g/cm}^3$ )可控,单位处理量大,占地面积小,维修工作量小。综合比较3种粗煤泥分选机的分选效果、操作难度、处理量大小以及对本矿煤质的适应性等因素<sup>[11-12]</sup>,采用TBS处理粗煤泥较为合适。

### 4.4 细煤泥分选

目前分选细煤泥唯一有效的方法是浮选。直接浮选工艺投资低,管理难度小,在动力煤选煤厂广泛使用,且分选效果较好。由于糯东矿煤泥为易选和中等可选,无需增加选前浓缩环节,采用一次浮选工艺即可。

## 5 结 语

根据糯东矿井煤质特性、粒度组成和可选性,确

定了产品市场定位。通过对比各种分选方法,糯东选煤厂无烟煤分选方案最终采用选前+ $100(80)\text{ mm}$ 检查性手选、 $-100(80)\text{ mm}$ 混合跳汰入选、粗煤泥TBS分选、细煤泥浮选、尾煤浓缩压滤的联合工艺流程。方案设计时充分考虑厂房布置、设计规模、设备选型、配煤销售、自动化控制等环节,可以节约投资,达到降灰脱硫增效的目的。

#### 参考文献:

- [1] 匡亚莉. 选煤工艺设计与管理[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2006: 45-46.
- [2] 袁树勋. 我国地方煤矿煤炭洗选加工的途径[J]. 煤炭科学技术, 1992, 20(10): 26-28.
- [3] 吴式瑜, 岳胜云. 选煤基本知识[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1989.
- [4] 岳文耀. 成庄矿煤炭洗选加工过程中块率损耗情况及其对策[J]. 煤炭科学技术, 2003, 31(1): 27-29.
- [5] 张振红, 付才国. 顺和选煤厂初步设计方案的优化与启示[J]. 选煤技术, 2012(5): 104-105, 109.
- [6] 刘汉刚, 赵正俊. 泉店选煤厂煤泥水处理系统的设计改造[J]. 洁净煤技术, 2011, 17(4): 16-18.
- [7] 朱科强, 付继辉. 重介质选煤工艺浅谈[J]. 化学工程与装备, 2013(4): 118-120, 127.
- [8] 刘建新, 布占文, 李新茹, 等. 三产品重介质旋流器分选无烟末煤的实践[J]. 洁净煤技术, 2008, 14(4): 19-21.
- [9] 朱海龙, 李先芳. TBS在选煤中的应用研究[J]. 机电产品开发与创新, 2011, 24(3): 75-76.
- [10] 王宏, 谢广元, 朱子祺, 等. TBS干扰床分选机在粗煤泥分选中的应用研究[J]. 煤炭工程, 2009(3): 95-97.
- [11] 白景启, 邢玉梅, 陈艳春. 三产品重介质选煤工艺在唐山春澳选煤厂的应用[J]. 洁净煤技术, 2013, 19(3): 26-29.
- [12] 沈雁. 提高马头选煤厂洗选效率的途径和对策[J]. 煤炭科学技术, 2007, 35(5): 104-105.